

## **METODOLOGIA PARA SUPORTE DA COLABORAÇÃO NA INDÚSTRIA AEC BASEADA EM BIM E EM INTEROPERABILIDADE**

**João L. Patacas<sup>1\*</sup> e Nuno Cachadinha<sup>2</sup>**

1: Departamento de Engenharia Civil  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade Nova de Lisboa  
Monte da Caparica, Portugal  
e-mail: jlpatacas@gmail.com, web: <http://www.fct.unl.pt>

2: Technion, Israel Inst. Of Technology  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade Nova de Lisboa  
Monte da Caparica, Portugal  
e-mail: ncachadinha@fct.unl.pt web: <http://www.fct.unl.pt>

**Palavras-chave:** BIM, interoperabilidade, processos colaborativos, indústria AEC

**Resumo** O Building Information Modelling (BIM) apresenta-se como metodologia para o desenvolvimento de projectos e gestão de empreendimentos na indústria da Arquitectura, Engenharia e Construção (AEC). A utilização da metodologia BIM na indústria AEC tem como objectivos aumentar a produtividade, eficiência, qualidade de construção, e simultaneamente reduzir custos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Para tal, há que garantir a interoperabilidade entre as TIC utilizadas no sector, não só ao nível de dados, mas também ao nível dos processos de negócio internos dos vários intervenientes do sector AEC, bem como nas suas relações de colaboração com entidades externas.

Neste estudo é proposta uma metodologia para servir de base à colaboração entre os vários intervenientes da indústria AEC, baseada nos princípios de referência de interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados, assegurando a representação da colaboração em TIC baseadas em BIM. Para este efeito são analisadas várias metodologias para a modelação de processos colaborativos suportados em dados de produto – ISO 10303 (STEP), GTPPM, IDM, e CBP – sendo proposto um método para suportar a colaboração baseado nesta análise. É efectuada uma aplicação do método proposto à representação da colaboração no contexto da determinação de quantidades e análise de custos durante a fase de coordenação de propostas.

Através da realização deste estudo conclui-se que o método proposto pode ser aplicado em diversos contextos durante o ciclo de vida de empreendimentos. O método proposto pode ser aplicado a formas contratuais que variam no grau de colaboração entre intervenientes da indústria. As capacidades de abstracção na definição e implementação de processos colaborativos constituem uma importante contribuição para a protecção da propriedade intelectual dos intervenientes.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de tecnologias de informação na indústria da arquitectura, engenharia e construção (AEC) tem sido apontada como um dos caminhos para reduzir os desperdícios e ineficiências característicos desta indústria.

Apesar de actualmente a utilização de tecnologias de informação na indústria AEC ser comum, a interoperabilidade entre as várias TIC ainda não existe em grande parte da indústria [1, 2, 3]. A indústria AEC caracteriza-se por possuir uma estrutura altamente fragmentada, bem como pela especificidade dos seus produtos, já que ao contrário das indústrias de manufactura, na indústria AEC não existem dois produtos iguais [3]. As dificuldades de integração das várias TIC no sector AEC estão directamente relacionadas com as características únicas desta indústria. A falta de interoperabilidade entre tecnologias de informação, aliada à natureza específica da indústria constituem causas para a dificuldade de integração das várias tecnologias de informação utilizadas nos processos da indústria AEC [4].

O BIM constitui de igual modo uma tecnologia e um processo. Como uma tecnologia, o BIM é fortemente dependente da interoperabilidade entre as várias TIC utilizadas no ciclo de vida dos empreendimentos. Como um processo, o BIM é suportado pela colaboração entre os vários intervenientes ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos [5].

A metodologia BIM pretende dar resposta aos problemas de interoperabilidade existentes na indústria AEC, permitindo a representação em modelos digitais de toda a informação referente a projectos do sector AEC ao longo do seu ciclo de vida. Existem actualmente vários casos em que os benefícios da sua utilização em variadas fases do ciclo de vida dos empreendimentos se encontram comprovados [6]. No entanto, para tomar partido das vantagens da utilização desta metodologia e das várias possibilidades que a interoperabilidade entre tecnologias de informação possibilita, são necessárias alterações ao modo de trabalho e também às competências dos utilizadores, concretamente através da colaboração desde as fases iniciais de projecto [7].

Neste estudo é proposta uma metodologia para possibilitar a colaboração entre intervenientes da indústria AEC, assegurando a representação da colaboração por parte de TIC baseadas em BIM. Para este efeito são analisadas várias metodologias para modelação de processos baseada em dados de produto – ISO 10303 (STEP), GTPPM, IDM, e CBP – sendo proposto um método para representação da colaboração baseado nesta análise. É efectuada uma aplicação do método proposto à representação da colaboração no contexto da determinação de quantidades e de custos durante a fase de coordenação de propostas.

O método proposto neste estudo permite a colaboração entre várias entidades da indústria AEC, tendo em conta restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes, constituindo deste modo um contributo para a implementação do BIM a nível industrial.

### 1.1 Hipóteses de estudo

De forma a promover o trabalho colaborativo na indústria AEC recorrendo à metodologia BIM é necessário ter em conta a interoperabilidade ao nível de processos, serviços e dados no desenvolvimento das tecnologias de informação que suportam a indústria.

Assim, o objectivo principal deste estudo é: conceber um método para suportar a colaboração baseada em BIM entre os intervenientes da indústria AEC, tendo por base a interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados.

Para responder a este objectivo são tidas em conta as seguintes hipóteses de estudo:

- A representação e documentação de processos colaborativos entre intervenientes da indústria AEC de entidades diversas pode ser efectuada considerando restrições na colaboração, de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes;
- É possível definir serviços para assegurar a representação dos processos colaborativos nos dados que os suportam;
- A colaboração entre intervenientes da indústria AEC pode ser suportada através de dados de produto baseada em BIM.

## 2. REVISÃO E ANÁLISE DE LITERATURA

### 2.1 Revisão de literatura

A necessidade de trocar dados entre aplicações diversas para suportar os processos colaborativos da indústria AEC surgiu inicialmente com o aparecimento das primeiras aplicações CAD. Actualmente, as várias aplicações utilizadas pela indústria suportam várias tarefas de projecto e construção, sendo frequentemente necessário efectuar trocas de informação entre estas [6].

A metodologia *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP) - norma ISO 10303 - surgiu simultaneamente com as primeiras aplicações CAD, tendo como objectivo fornecer mecanismos para a descrição de dados de produto ao longo do ciclo de vida do produto, independentemente do sistema utilizado [8]. O STEP constitui uma metodologia para o suporte de modelos de dados que abrange a recolha de requisitos, a definição dos vários processos de negócio que devem ser suportados pelos modelos de dados e efectua a ligação entre estes de modo a que os modelos de dados tenham em conta os vários requisitos definidos. As linguagens EXPRESS e EXPRESS-G foram criadas no âmbito da metodologia STEP com o objectivo de permitir a estruturação desmaterializada de modelos, de modo a permitir a incorporação sucessiva de novos elementos e especificações, fornecendo o suporte da modularização [9]. A aplicação da metodologia STEP no sector AEC resultou em vários modelos de dados de produto, nomeadamente AP 225 – *Building Elements Using Explicit Shape Representation, Industry Foundation Classes* (IFC), *CimSteel Integration Standard, Version 2* (CIS/2), AP 241 – *Generic Model for Life Cycle Support of AEC Facilities*, e ISO 15926 - *Industrial automation systems and integration* [6].

No âmbito da indústria AEC a revisão de literatura revelou as metodologias *Georgia Tech Process to Product Modeling* (GTPPM) e *Information Delivery Manual* (IDM) - ISO 29481-1:2010. A metodologia GTPPM surge como uma adaptação da metodologia STEP à realidade da indústria AEC introduzindo melhoramentos no fluxo de desenvolvimento dos modelos de dados [10]. Esta metodologia tem o objectivo de colmatar as falhas existentes entre a modelação de processos e de produtos através da metodologia STEP - norma ISO 10303, nomeadamente no que diz respeito aos processos de aprovação e aceitação dos vários *Application Protocols* (APs) [10].

A metodologia IDM surge a partir da necessidade de documentar os vários processos que ocorrem na indústria AEC, descrevendo as várias trocas de informação que ocorrem entre os vários intervenientes nesses processos [11]. O seu objectivo principal é o de descrever e efectuar a ligação

entre os processos operativos da indústria AEC e os dados que os suportam.

O *Information Delivery Manual* (IDM) apresenta-se como uma metodologia aberta na indústria AEC para documentar os vários processos da indústria e descrever as várias trocas de informação que ocorrem entre os vários intervenientes nesses processos. Os seus resultados podem ser utilizados como guias de procedimentos para os intervenientes que participam nos processos definidos [12], bem como para a elaboração de especificações de software [13].

O objectivo do IDM é o de especificar a informação exacta a ser trocada nos vários processos da indústria AEC e de que modo essa informação se relaciona com os modelos de dados. Apesar do IDM ter sido inicialmente pensado para ser utilizado com o modelo de dados IFC, a metodologia proposta pode ser adaptada a outros modelos de dados abertos [11], ou ser utilizada sem a ligação a modelos de dados [12]. O IDM tem como propósito capturar os conhecimentos e boas práticas em relação aos fluxos de trabalho na indústria e os seus conteúdos [14].

Com o objectivo de complementar as capacidades disponibilizadas pelas metodologias STEP, GTPPM e IDM, torna-se necessário abordar as questões de interoperabilidade de um ponto de vista mais abrangente.

O projecto europeu *IDEAS interoperability framework*, desenvolvido no âmbito da *Fifth Framework Program* (FP5), foi o primeiro projecto a considerar as questões de interoperabilidade a nível empresarial e industrial. Este projecto constituiu o *roadmap* a partir do qual foi desenvolvido o projecto *ATHENA Integrated Project* no âmbito da *Sixth Framework Program* (FP6) [15]. As questões de interoperabilidade abordadas no projecto IDEAS foram investigadas de um ponto de vista tecnológico no projecto ATHENA IP, resultando no que é hoje em dia o projecto de referência na área da interoperabilidade de sistemas.

Por estas razões apresenta-se a metodologia *Cross-Organizational Business Processes* (CBP), um dos resultados do projecto ATHENA IP, que fornece um método para o suporte de processos colaborativos, tendo em conta restrições na colaboração para proteger a propriedade intelectual dos intervenientes em processos colaborativos. Esta metodologia baseia-se no conceito de interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados para possibilitar a colaboração entre entidades a nível empresarial e industrial [16].

A metodologia CBP apresenta um conceito para modelar processos colaborativos sem ter que revelar os dados internos das entidades que colaboram, prevendo três tipos de processos que variam no seu grau de abstracção e de partilha de informação [17, 18]:

- Processos Privados (PP): Representam os processos de negócio internos de cada entidade que são utilizados a nível interno na empresa;
- Vistas Públicas (VP): Combinam um ou mais processos privados a um nível de abstracção que permite que as entidades participantes possam ocultar informações de negócio a parceiros não autorizados. Servem de base à definição do processo colaborativo (CBP);
- Processos Colaborativos (CBP): O CBP define as interacções entre duas ou mais entidades através da combinação das suas vistas públicas.

A metodologia CBP suporta os processos colaborativos entre entidades diversas, efectuando a sua combinação de forma a assegurar que a informação requerida por cada tipo de utilizador é fornecida, protegendo simultaneamente os dados das várias entidades participantes no processo colaborativo. Esta metodologia apresenta-se assim como uma proposta relevante para estabelecer a comunicação e colaboração entre diversas entidades da indústria AEC devido às capacidades de abstracção na definição dos processos das várias entidades.

## 2.2 Análise

Os problemas de interoperabilidade na indústria AEC têm sido abordados apenas numa perspectiva de interoperabilidade de dados, sendo que as metodologias propostas com o objectivo de resolver problemas de interoperabilidade na indústria AEC focam-se principalmente na integração de aplicações através da partilha e troca de dados de produto [19].

O desenvolvimento de soluções TIC para efectuar a colaboração suportada em interoperabilidade deve ter em conta a interoperabilidade não só ao nível dos dados, mas também ao nível dos processos da indústria, bem como a nível dos serviços que os suportam. Apenas deste modo será possível suportar a colaboração suportada pela interoperabilidade entre entidades da indústria AEC.

Das várias metodologias analisadas, apenas o CBP tem em conta a interoperabilidade entre processos, serviços e dados para suportar a colaboração entre entidades distintas. Para este efeito, a metodologia CBP possibilita a modelação dos processos de negócio das entidades que querem colaborar através de mecanismos para a compatibilização entre os processos internos das várias entidades e os processos acordados entre entidades para a colaboração. Deste modo é possível representar e documentar processos colaborativos entre intervenientes da indústria de entidades diversas, considerando restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes, assegurando assim a protecção dos processos internos de cada entidade que colabora [17]. O facto de esta metodologia não ter sido aplicada no contexto de soluções interoperáveis baseadas em BIM na indústria AEC constitui um desafio à sua implementação neste contexto. No entanto, esta metodologia apresenta-se como uma proposta relevante para estabelecer a comunicação e colaboração entre diversas entidades a nível industrial, visto ser a única metodologia analisada que apresenta capacidades de abstracção na definição de processos colaborativos entre várias entidades.

A análise efectuada revelou que o IDM é a metodologia que melhor pode representar a dimensão de serviços no contexto da indústria AEC. Na dimensão de serviços, o IDM recorre à definição de requisitos de troca. Estes especificam claramente quais as mensagens e dados a serem trocadas em cada interacção entre intervenientes da indústria. Apesar de a utilização de Requisitos de Troca não permitir que a ligação entre processos e dados seja automatizada, a natureza descritiva dos requisitos de troca do IDM permite uma melhor compreensão destes requisitos por parte dos intervenientes da indústria AEC bem como pelos técnicos que implementam as TIC [11]. Este facto contribui para que o desenvolvimento das soluções TIC tenha em conta os requisitos definidos, já que a sua especificação é efectuada de forma clara e sem espaço para ambiguidades. A definição clara destes requisitos constitui igualmente uma mais valia para possibilitar a interoperabilidade entre entidades na dimensão de serviços.

Quanto à representação de dados baseada em BIM, a análise às várias metodologias revela que o IDM se mostra igualmente apropriado para este fim. Nesta dimensão, o IDM recorre à definição das Partes Funcionais que constituem unidades de informação utilizadas para representar os dados da colaboração baseada no modelo de dados aberto IFC que constitui um standard internacional aberto para a troca e integração de dados na indústria AEC [6].

### 3. MÉTODO PROPOSTO

O método proposto para efectuar a representação da colaboração suportada em BIM baseia-se nas metodologias IDM e CBP, tendo em conta a análise efectuada na revisão da literatura. Este método foca-se na representação da colaboração baseada na interoperabilidade entre processos, serviços e dados das entidades que participam no processo colaborativo.

Para efectuar a representação dos processos colaborativos recorre-se à metodologia CBP, sendo definidos os vários tipos de processos: processos privados, vistas públicas e processos colaborativos (i.e. acordados entre entidades). Na dimensão de serviços recorre-se à definição de serviços electrónicos baseados nas especificações definidas nos Requisitos de Troca do IDM. A interoperabilidade entre dados é assegurada pelas Partes Funcionais do IDM, que efectuem a ligação ao modelo de dados IFC.

O método proposto neste estudo consiste nos seguintes passos:

- 1) Definição de processos privados: Com o objectivo de representar a colaboração cada interveniente define os seus processos privados descrevendo a sequência de actividades que ocorrem na sua organização;
- 2) Definição de vistas públicas: Cada entidade define as suas vistas públicas que servirão de base à colaboração, ocultando processos internos sensíveis que não devem ser publicados. A definição de vistas públicas neste método recorre à modelação *"inside out"* que consiste na definição de vistas públicas a partir dos processos internos dos intervenientes [18, 20];
- 3) Definição do processo colaborativo: O processo colaborativo é definido a partir da interligação das vistas públicas de cada entidade, sendo igualmente definidas onde e quando ocorrem as trocas de dados e mensagens entre intervenientes;
- 4) Definição de requisitos de troca, incluindo referência a partes funcionais ou aos tipos de dados que os suportam;
- 5) Definição de serviços electrónicos com base nos requisitos de troca definidos. Especificação de quem fornece o serviço, quem o recebe e qual o conteúdo dos dados/ mensagem trocada;
- 6) Associação dos serviços definidos aos processos colaborativos definidos anteriormente;
- 7) Definição das várias partes funcionais que constituem cada um dos requisitos de troca definidos;
- 8) Definição do esquema XSD que suporta os requisitos de troca definidos através do agrupamento das várias partes funcionais que os constituem;
- 9) Conversão dos esquemas XSD em WSDL para possibilitar a sua associação aos serviços definidos anteriormente e efectuar trocas de dados suportadas em BIM-IFC. Nesta fase é efectuada a ligação entre processos e dados através de serviços.

Na Figura 1 representa-se o método proposto aplicado à troca de dados entre dois intervenientes baseada na definição de um requisito de troca.

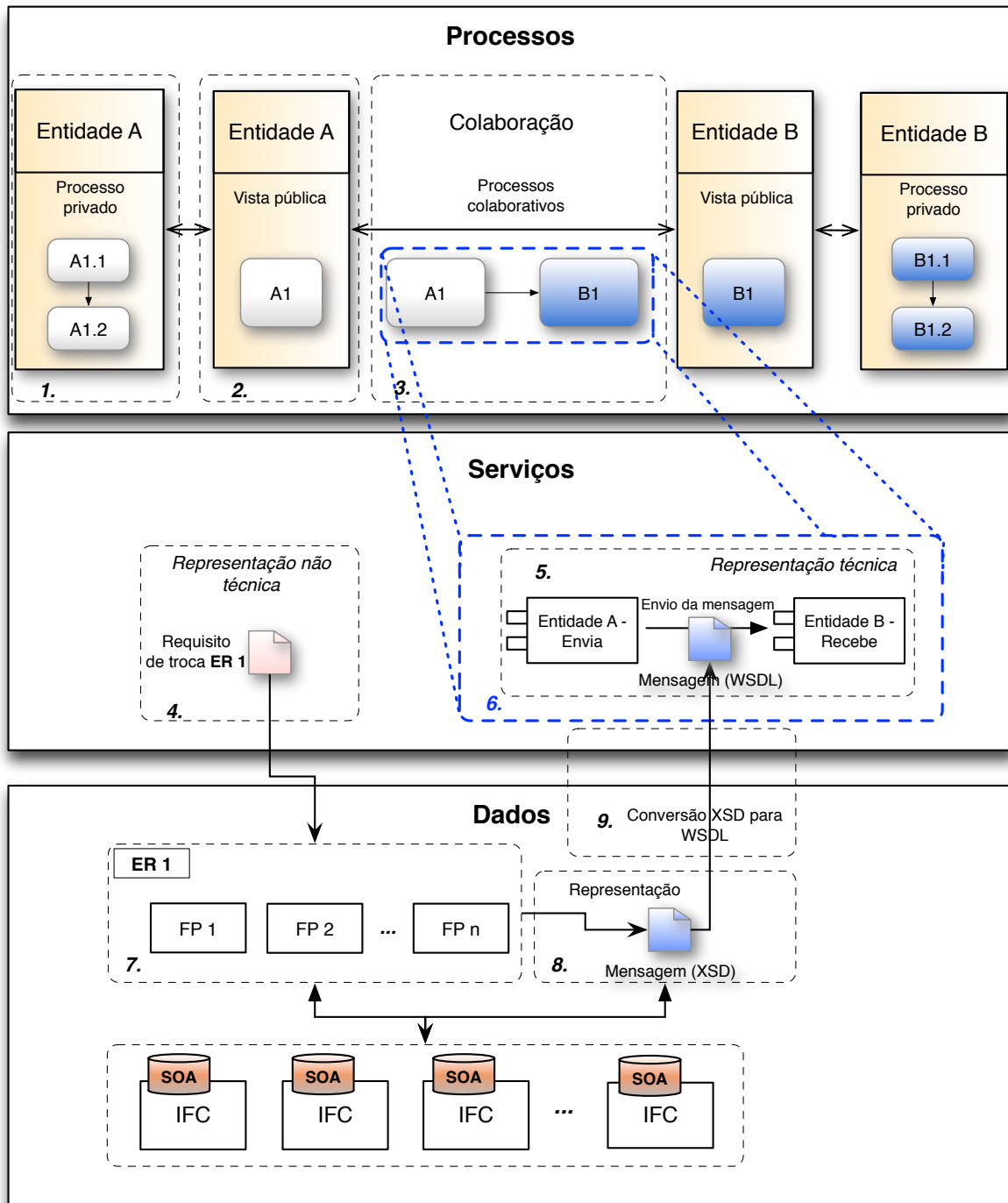


Figura 1. Representação da arquitectura do método proposto: Exemplo de troca de dados entre dois intervenientes definida com base num requisito de troca – adaptado de [11, 21, 22]

#### 4. RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se a aplicação do método proposto num domínio específico do ciclo de vida de um empreendimento. O método foi aplicado à determinação de quantidades e análise de custos durante a fase de coordenação de propostas. A escolha deste domínio deve-se ao facto de esta ser uma fase no ciclo de vida de empreendimentos em que ocorrem muitas interações e trocas de dados entre os vários intervenientes, que tradicionalmente ocorrem de forma não estruturada.

A aplicação apresentada neste capítulo tem em conta a representação de processos colaborativos e o seu suporte baseado em serviços definidos a partir de Requisitos de Troca. Seguidamente apresenta-se a aplicação do método à definição dos processos colaborativos, no contexto da determinação de quantidades e análise de custos durante a fase de coordenação de propostas, considerando o formato contratual de Concepção-Concurso-Construção. De acordo com o método proposto, foram definidos mapas de processos que ilustram as relações entre os vários intervenientes, definindo as trocas de mensagens e dados entre estes. Através do método apresentado neste estudo, uma entidade pode criar diferentes vistas a partir dos seus processos internos, consoante o contexto da colaboração. É o caso do Empreiteiro, que neste exemplo apresenta diferentes vistas do seu processo interno para colaborar com o Dono de Obra, ou com Fornecedores e/ou Subempreiteiros. Seguidamente apresenta-se o processo colaborativo entre Empreiteiro e Subempreiteiros ou Fornecedores, bem como a correspondência entre vistas públicas e processos privados do Empreiteiro que são apresentados nas Figuras 2 e 3. Na Figura 4 apresentam-se as representações técnica e não-técnica de parte de um requisito de troca.

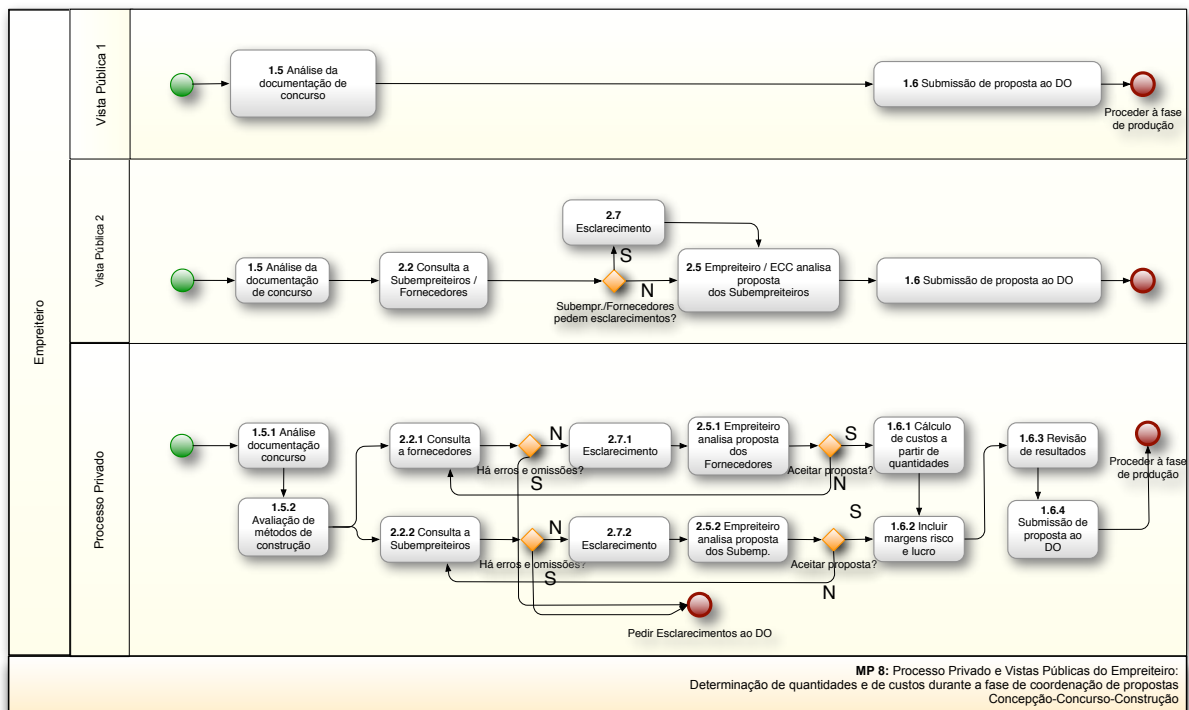


Figura 2. Correspondência entre vistas públicas e processos privados do Empreiteiro: Vista Pública 1 – Colaboração com Dono de Obra; Vista Pública 2 – Colaboração com Fornecedores e/ou Subempreiteiros



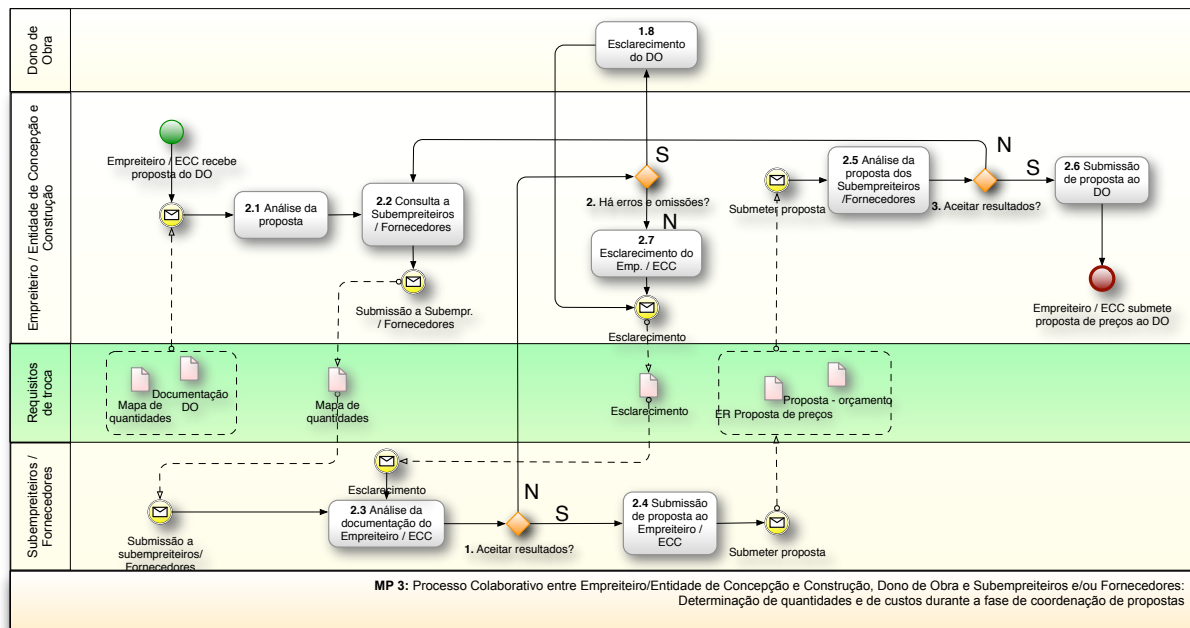


Figura 3. Processo colaborativo 2: Colaboração entre Empreiteiro e Subempreiteiros e Fornecedores

Tipo de informação	Informação requerida	Actor que fornece a informação	Tipo de dados
Grupos de custos	Nome e descrição	Equipa de concepção e construção / Empreiteiro ou Fornecedores/ Subempreiteiros	string
	Definição do elemento		string
	Código do elemento		string

A)

B)

```

<!-- Grupos de custos -->
<xs:element name="nome_e_descricao_gc" type="xs:string"/>
<xs:element name="definicao_do_elemento_gc" type="xs:string"/>
<xs:element name="codigo_gc" type="xs:string"/>
    
```

Figura 4. Representação parcial do Requisito de Troca ER Proposta de Preços: A) Representação não-técnica; B) Representação técnica em formato XSD

#### 4.1. Discussão

Neste capítulo o método proposto foi aplicado à representação da colaboração na determinação de quantidades e análise de custos durante a fase de coordenação de propostas, tendo em conta o formato contratual de Concepção-Concurso-Construção. Este é o modelo que vigora actualmente em Portugal, estando os seus trâmites definidos em termos legais pelo Código de Contratos Públicos (CCP) e pelo Decreto-Lei nº18/2008 [23, 24]. Dos vários tipos de contratos existentes, o CCC é o menos propício à colaboração entre intervenientes. Ainda assim, recorrendo à metodologia BIM é possível obter projectos muito detalhados, contribuindo para a redução de erros e omissões [6, 25]. As restrições à colaboração, tendo em conta a protecção de propriedade intelectual previstas no método proposto são particularmente relevantes neste tipo de contrato que se caracteriza pela sua natureza competitiva. A aplicação do método proposto neste estudo prevê a agilização dos pedidos de esclarecimentos que possam ocorrer nesta fase, já que as comunicações são definidas a nível de processos e serviços, sendo executadas através de serviços electrónicos, o que contribui para a sua estruturação.

Actualmente o Código dos Contratos Públicos (CCP) obriga a utilização de plataformas electrónicas no estabelecimento de contratos, quer pelas entidades adjudicantes, quer pelos concorrentes ou candidatos [23]. O método proposto neste estudo constitui assim uma mais valia, visto que fornece meios para possibilitar a contratação electrónica através da sistematização de processos suportados em modelos BIM, e tem em conta a protecção da propriedade intelectual dos vários intervenientes nos processos de contratação, o que é fundamental em relações de natureza comercial.

Esta aplicação mostra vantagens em relação à representação da colaboração recorrendo a outras metodologias. Tal como na metodologia CBP, é possível ocultar os processos internos das entidades que colaboram, fornecendo assim meios para a representação da colaboração num cenário real da indústria AEC. Deste modo é possível a colaboração entre entidades através da criação de vistas específicas dos seus processos consoante os intervenientes com quem querem colaborar. Recorrendo à definição de requisitos de troca, baseados na metodologia IDM, será possível sistematizar as interações entre intervenientes, através da definição clara do conteúdo das trocas que ocorrem.

#### **4.2 Análise do âmbito de aplicação**

O âmbito de aplicação do método proposto corresponde ao ciclo de vida de edifícios, estando definido em termos de dados pelo âmbito do modelo IFC. Dado que o modelo IFC é uma especificação aberta, qualquer utilizador com os conhecimentos necessários poderá expandir o modelo de acordo com as suas necessidades [13]. Do mesmo modo, utilizadores de áreas específicas do sector AEC podem igualmente expandir as definições do modelo IFC para tipos de obras que não edificações (i.e. viadutos, pontes, infra-estruturas portuárias, túneis, barragens, etc.).

### **5. CONCLUSÕES**

Ao longo deste estudo foram apresentadas várias metodologias para suportar processos colaborativos baseadas em dados de produto. As várias metodologias apresentadas foram analisadas de acordo com as hipóteses de estudo definidas inicialmente, tendo sido concluído que apenas a metodologia CBP tem em conta as questões de interoperabilidade não só ao nível de dados, mas igualmente ao nível de serviços e de processos de negócio, o que é fundamental para possibilitar a colaboração entre várias entidades a nível industrial. Com o objectivo de adaptar esta metodologia para a indústria AEC, foi proposto um método a partir da combinação das metodologias IDM e CBP, baseado nos princípios de colaboração suportada na interoperabilidade aos níveis de processos de negócio, serviços e dados.

O método proposto foi aplicado à representação da colaboração na determinação de quantidades e análise de custos durante a fase de coordenação de propostas, tendo em conta o formato contratual de Concepção-Concurso-Construção. Através desta aplicação pretendeu-se demonstrar que o método proposto pode ser aplicado à definição e sistematização de processos, a nível de projecto e de obra, especificando as trocas de informação que ocorrem entre intervenientes ao longo dos processos. Poderá igualmente ser utilizado no estabelecimento de requisitos contratuais nos vários tipos de contratos utilizados na indústria AEC. Em formas contratuais baseadas na *Integrated Project Delivery*, este método pode constituir uma mais valia na definição das várias relações de colaboração existentes, e na clarificação dos direitos de propriedade intelectual, que tem constituído uma barreira à adopção generalizada deste tipo de contratos.

## 5.1. Trabalhos futuros

Neste estudo o método proposto foi aplicado à representação da colaboração na determinação de quantidades e análise de custos durante a fase de coordenação de propostas, tendo em conta o formato contratual de Concepção-Concurso-Construção. Com o objectivo de validar o método proposto neste estudo, este deverá ser igualmente aplicado na ligação entre processos e dados. Através da elaboração de serviços electrónicos a partir dos requisitos de troca definidos, e da sua ligação à dimensão de dados, será possível controlar electronicamente os processos colaborativos definidos de forma precisa, e permitir que os processos colaborativos sejam suportados por modelos de dados IFC.

## REFERÊNCIAS

- [1] A. Grilo e R. Jardim-Goncalves, "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments," *Automation In Construction*, vol. 19, no. 5, pp. 522-530, 2010.
- [2] W. J. O'Brien, J. Hammer, M. Siddiq, e O. Topsakal, "Challenges, approaches and architecture for distributed process integration in heterogeneous environments," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 22, no. 1, pp. 28-44, 2008.
- [3] W. Shen, Q. Hao, H. Mak, J. Neelamkavil, H. Xie, J. Dickinson, R. Thomas, A. Pardasani, e H. Xue, "Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 24, no. 2, pp. 196-207, 2010.
- [4] S. Boddy, Y. Rezagul, G. Cooper, e M. Wetherill, "Computer integrated construction: A review and proposals for future direction," *Advances In Engineering Software*, vol. 38, no. 10, pp. 677-687, 2007.
- [5] J. Wix. (2008) IDM Learning Guide. [Online]. [http://www.iai.no/idm/idm\\_learning/idm\\_learning.htm](http://www.iai.no/idm/idm_learning/idm_learning.htm)
- [6] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, e K. Liston, *BIM handbook : A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.*: John Wiley & Sons, Inc., 2011, vol. 19.
- [7] T. Froese, "The impact of emerging information technology on project management for construction," *Automation in Construction*, vol. 19, no. 5, pp. 531-538, 2010.
- [8] SCRA, *STEP Application Handbook*. North Charleston: SCRA, 2006.
- [9] C. M. Eastman, *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction.*: CRC Press, 1999, vol. 19.
- [10] G. Lee, C. M. Eastman, e R. Sacks, "Eliciting information for product modeling using process modeling," *Data & Knowledge Engineering*, vol. 62, no. 1, pp. 292-307, 2007.
- [11] IAI, "Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods," 2010.
- [12] O. Berard e J. Karlshoej, "Information delivery manuals to integrate building product information into

design," *ITcon*, vol. 17, pp. 63-74, 2012.

- [13] IAI. (2012) BuildingSmart - International home of Open BIM. [Online]. <http://www.buildingsmart.com/>
- [14] C. M. Eastman, Y. S. Jeong, R. Sacks, e I. Kaner, "Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards," *Journal of Computing In Civil Engineering*, vol. 24, no. 1, pp. 25-34, 2010.
- [15] D. Chen, G. Doumeingts, e F. Vernadat, "Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future," *Computers in Industry*, vol. 59, no. 7, pp. 647-659, 2008.
- [16] ATHENA-IP. (2010) ATHENA European Project. [Online]. <http://www.modelbased.net/aif/index.html>
- [17] U. Greiner, S. Lippe, T. Kahl, J. Ziemann, e F-W. Jäkel, "Designing and Implementing Cross-Organizational Business Processes - Description and Application of a Modelling Framework," in *Enterprise Interoperability*, Eds.: Springer London, 2007, vol. 12, pp. 137-147.
- [18] K. Namiri e N. Stojanovic, "Towards Business Level Verification of Cross- Organizational Business Processes," *Order A Journal On The Theory Of Ordered Sets And Its Applications*, pp. 101-112, 2006.
- [19] N. Bakis, G. Aouad, e M. Kagioglou, "Towards distributed product data sharing environments - Progress so far and future challenges," *Automation In Construction*, vol. 16, no. 5, pp. 586-595, 2007.
- [20] R. Costa, "A Framework to support Interoperability for Collaborative Business Processes in e-Procurement," Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dissertação de mestrado 2007.
- [21] J. Rowley, "An analysis of the e-service literature: towards a research agenda," *Internet Research*, vol. 16, no. 3, pp. 339 - 359, 2006.
- [22] R. Jardim-Goncalves e A. Grilo, "SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space," *Automation In Construction*, vol. 19, no. 4, pp. 388-397, 2010.
- [23] MOPTC, "Portaria do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações de 29 de Julho de 2008, publicada no DR, 1a Série, no 145.," Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2008a.
- [24] MOPTC, "Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de Janeiro," Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2008b.
- [25] T. Vasconcelos, "Building Information Model - Avaliação do seu potencial como solução para os principais atrasos e desperdícios na construção portuguesa," Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dissertação de mestrado 2010.